

недостаток данного метода заключается в высокой погрешности и длительном времени контроля, связанном с наличием операции последовательного сканирования.

В докладе будут представлены различные современные методы оптико-электронной диагностики, позволяющие выполнять измерения геометрических параметров, а также выполнять трехмерное сканирование поверхности измеряемого объекта в промышленных условиях. Будут рассмотрены методы, адаптированные для работы в тяжелых эксплуатационных условиях действующей промышленности.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект РФФИ № 18-08-00910).

Список публикаций:

[1] Dvoynishnikov S.V., Meledin V.G. *Optoelectronic Differential Cloudy Triangulation Method for Measuring Geometry of Hot Moving Objects / Optoelectronics in Machine Vision-Based Theories and Applications*, M.Rivas-Lopez, O.Sergiyenko, W.Flores-Fuentes, J. C. Rodríguez-Quíñonez, August 2018, p. 49-78.

[2] Dvoynishnikov S.V., Kabardin I.K., Meledin V.G. (2020) *Advanced Phase Triangulation Methods for 3D Shape Measurements in Scientific and Industrial Applications*. In: Sergiyenko O., Flores-Fuentes W., Mercorelli P. (eds) *Machine Vision and Navigation*. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-22587-2\_21.

[3] D V Kulikov, A S Chubov, O Yu Sadbakov, S V Krotov, N N Ovchinnikov *Method of measuring the geometry of rotating parts of power stations based on the effect of self-mixing of laser radiation* // 2019 Journal of Physics: Conference Series Vol. 1359, 012098.

[4] S.V. Dvoynishnikov, V.V. Rakhmanov, I.K. Kabardin, V.G. Meledin *Phase triangulation method with spatial modulation frequency optimization* // *Measurement*, Vol.145 (2019). - P. 63–70.

## **Элементное изучение поверхности твердых тел методом электронной Оже-спектроскопии**

**Загидуллин Айбулат Альбертович**

*Башкирский государственный университет*

*Бахтизин Рауф Загидович, д.ф.-м.н.*

*aibulat.zagidullin.1998@mail.ru*

Основными преимуществами электронной Оже-спектроскопии относительно других методов анализа поверхности является пространственное разрешение меньше одного микрометра, хорошая чувствительность поверхности, обнаружение легких элементов и средняя глубина анализа приблизительно пять нанометров.

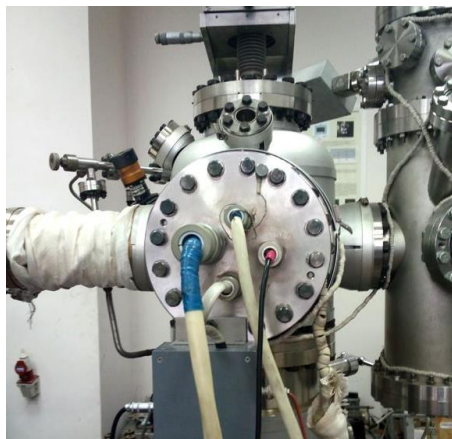


рис. 1. Энергоанализатор со встроенной пушкой Оже.

Принцип электронной Оже-спектроскопии заключается в том, что высокоэнергетический электрон, попадая в атом исследуемого твердого тела, выталкивает электрон с его орбиты, создавая вакансию. В этом случае другой электрон с высшей орбиты перемещается, чтобы заполнить вакансию. При переходе электрона с более высокой на низкую орбиту, он излучает энергию. Энергия высвобождается в виде третьего электрона с другой орбиты. Измеряя энергию излучаемого электрона, называемого Оже-электроном, можно идентифицировать атом. Таким образом, генерация Оже-электрона требует, по меньшей мере, трех электронов.

Элементный анализ поверхности твердых тел производился при сверхвысоком вакууме порядке  $10^{-9}$  Торр.

На рисунке 2 изображены Оже-пики алюминия, полученные экспериментально: Al 1302 эВ, Al 1351 эВ, Al 1397 эВ, что соответствует табличным значениям. Пики Оже-электронов поверхности алюминия соответствуют KLL переходам этого же элемента.

Так же можно заметить, что на образце присутствуют загрязнения в виде кислорода O 511 эВ и азота N 387 эВ соответствующие табличным значениям.

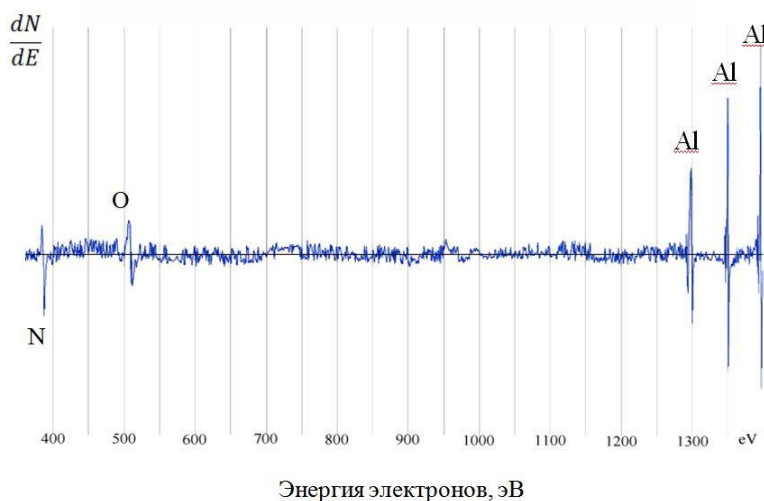


рис. 2. Спектр Оже-электронов поверхности алюминия.

Проанализировав Оже-спектры алюминиевой поверхности, приходим к выводу, что уже при наличии на поверхности исследуемого образца нескольких частиц адсорбата, линии веществ составляющих адсорбат, будут выделяться в Оже-спектре. А также на интенсивность эмиссии Оже-электронов существенно влияет зависимость сечения ионизации внутренних уровней атомов от энергии первичных электронов, обратный поток рассеянных электронов, вероятность перехода атома в невозбужденное состояние с испусканием фотона.

Химические связи на поверхности образца могут изменять форму пика и, таким образом, приводить к ошибке при использовании метода определения в дифференцированном спектре Оже-сигнала.

## Модернизированная ионизационная камера для спектрометрии альфа-излучающих радионуклидов

*Изгагин Вячеслав Сергеевич*

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина*

*Жуковский Михаил Владимирович, д.т.н.*

*[slava.izgagin-arti@yandex.ru](mailto:slava.izgagin-arti@yandex.ru)*

При обращении с альфа-активным веществом необходим контроль содержания радионуклидов в технологических средах, воздухе рабочей зоны, загрязнения рабочих поверхностей. Ингаляционное, инвазивное, пероральное поступление источников альфа излучения в организм представляет опасность для персонала за счет высокой плотности ионизации. Радиационный контроль необходим при производстве короткоживущих радионуклидов для ядерной медицины, при обращении с торий содержащими материалами, как при их хранении, так и операциях переработки [1, 2]. Низкофоновые установки могут быть использованы для валидации других методов измерения активности альфа-излучающих радионуклидов.

Контроль альфа-радионуклидов осуществляется спектрометрическим или радиометрическим методом. Последний предполагает наличие счётчика частиц (пропорциональный счетчик, счетчик Гейгера-Мюллера). Используется также спектрометрический способ с использованием газовой ионизационной камеры в качестве детектора [3]. Принцип работы камеры можно описать следующим образом. Вылетающие из препарата альфа-частицы проводят ионизацию рабочей газовой смеси, состоящей из инертного газа аргона (99,4%) и из органической добавки толуола (0,6%). Под действием электростатического поля происходит дрейф электронов и ионов к соответствующим электродам детектора, аноду и катоду соответственно. Впоследствии происходит измерение заряда, наведенного на собирающем электроде. Количество образованных ион – электронных пар пропорционально энергии, потерянной  $\alpha$ -частицей в чувствительной области камеры.